

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ НА ОСНОВЕ ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

WAYS OF DETERMINATION OF STAND DENSITY ON THE BASIS OF FOREST MANAGEMENT DATA

Азарчик Р.В., Балакир М.В., Демид Н.П. (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь)
Azarchyk R.V., Balakir M.V., Dziemid N.P. (Belarusian state technological university, Minsk, RB)

Рассмотрены способы определения густоты древостоя в зависимости от его основных таксационных характеристик. Были проанализированы три подхода и семь способов, учитывающие различные факторы. Проведена статистическая оценка анализа моделей взаимосвязи густоты древостоя с его основными таксационными характеристиками. Модели строились как для всей совокупности данных, так и по выделенным группам. Установлено, что наиболее достоверные данные при расчете густоты в большинстве анализируемых групп дает способ деления суммы площадей сечения древостоя на площадь сечения ствола среднего дерева, где сумма площадей сечения древостоя определялась нелинейной регрессии в зависимости от высоты и относительной полноты древостоя. Коэффициенты данной регрессии рассчитывались по стандартным таблицам сумм площадей сечения.

Ways of determination of stand density depending on his main taxation characteristics are considered. Three approaches and seven ways considering various factors have been considered. The statistical assessment of the analysis of models of interrelation of density of a forest stand with his main taxation characteristics is carried out. Models were under construction both for twist data sets, and on the allocated groups. It is established that when calculating stand density in the majority of the analyzed groups the way of division of the sum of cross-sectional areas of a forest stand into the cross-sectional area of a trunk of an average tree where the sum of cross-sectional areas of a forest stand was defined nonlinear regression depending on height and relative completeness of stand gives the most reliable data. Coefficients of this regression paid off according to standard tables of the sums of cross-sectional areas.

Ключевые слова: *густота древостоя, относительная полнота, регрессионная модель*

Key words: *stand density, the relative completeness of the stand, regression model*

Введение. Густота древостоя есть количество деревьев на 1 га. Из анализа литературы [1], можно сделать вывод, о том, что густота играет важную роль на формирование и общую продуктивность древостоя. Густоту необходимо учитывать при проектировании различных лесохозяйственных мероприятий. Часто в лесной практике и научных изысканиях используются данные по выделной базе данных лесоустройства. В данной базе отсутствует такой показатель как густота. Поэтому определение густоты древостоев на основе лесоустроительных данных имеет актуальное значение.

В связи с этим, нами была проверена и апробирована методика расчета густоты в зависимости от основных таксационных показателей, определяемых лесоустройством.

Основная часть. Для определения зависимости густоты древостоев от его таксационной характеристики, представленной в материалах лесоустройства, использовались данные таксации на 622 пробных площадях одновозрастных, чистых и условно чистых (до двух единиц примеси) сосновых древостоев верескового, мшистого, черничного, орлякового и кисличного типов леса, заложенных сотрудниками РУП «Белгослес», автором, а также Н.П. Демидом. Возраст древостоев составлял от 14 до 140 лет.

Количество деревьев определялось как для отдельного элемента леса – сосны, так и для всего древостоя, приравнивая примесь других элементов леса к стволам сосны.

При определении густоты древостоев использовалось три подхода. Первый подход подразумевал нахождение густоты посредством деления запаса древостоя на объем ствола среднего дерева:

$$N = \frac{M}{v_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где N – густота древостоя;

M – запас выдела, (м^3 на 1 га), то есть запас на выделе с повыдельной базы данных;

$v_{\text{ср}}$ – объем ствола среднего дерева древостоя, (м^3).

Второй подход подразумевал нахождение густоты посредством деления суммы площадей сечения древостоя на площадь сечения ствола среднего дерева:

$$N = \frac{G}{g_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где G – сумма площадей сечения древостоя, (м^2 на 1 га);

$g_{\text{ср}}$ – площадь сечения ствола среднего дерева, (м^2).

Третий подход заключался в подборе регрессии следующего вида:

$$N = f(TP), \quad (3)$$

где TP – таксационные показатели древостоя, влияющие на его густоту.

Так как при первом подходе использовался объем ствола среднего дерева, нами анализировались три способа вычисления данного показателя.

В первом способе данный показатель вычислялся по формуле В.П. Машковского:

$$v_{\text{ср}} = \frac{g_m \times h}{2a + 1} \times \left(\frac{h}{h - 1,3} \right)^{2a}, \quad (4)$$

где $v_{\text{ср}}$ – объем ствола среднего дерева древостоя, (м^3);

g_m – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м (м^2);

h – высота среднего дерева (м);

a – постоянный коэффициент (для сосны $a = 0,734917$) [2].

При втором способе объем ствола среднего дерева определялся по объемным таблицам «Объемы маломерных древесных стволов по высоте и диаметру и число стволов в 1 м³» и «Объемы древесных стволов по диаметру и высоте» [3] в зависимости от среднего диаметра и высоты древостоев.

При третьем способе объем среднего ствола находили на основании формулы $v = ghf$ (5).

Площадь сечения ствола среднего дерева определялась по формуле площади круга:

$$g = \frac{\pi \cdot D^2}{40000} \quad (6)$$

Такой показателя как видовая высота (hf) в таксационной характеристике отсутствует. Однако известно [4], что данный показатель имеет прямолинейную связь с высотой древостоя. Таким образом, формула 1 была преобразована в следующий вид:

$$N = \frac{M}{g_{cp} \cdot (a_0 + a_1 \cdot H)}, \quad (7)$$

где M – запас выдела, (м³ на 1 га);

g_{cp} – площадь сечения ствола среднего дерева;

H – средняя высота древостоя;

a_0, a_1 – коэффициенты регрессии.

Выявление наиболее точного характера связи между величинами обеспечивает линейная регрессия. В связи с этим мы формулу 7 преобразуем в регрессию, нелинейную относительно включенных в анализ объясняющих переменных, но линейную по оцениваемым параметрам. Таким образом, формула 7 примет вид следующей множественной регрессии:

$$N = b_0 + b_1 \frac{M}{g_{cp}} + b_2 \frac{M}{g_{cp} \cdot H} \quad (8)$$

Второй подход к определению густоты древостоя требует данные таксационных сумм площадей сечения древостоя (G), однако данный показатель отсутствует в таксационных описаниях древостоев. Его мы выразили регрессионной зависимостью следующего вида:

$$G = P(a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 H^3) \quad (9)$$

Следовательно формула 2 примет вид:

$$N = \frac{P(a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 H^3)}{g_{cp}} \quad (10)$$

Однако формула 10 является нелинейной регрессией, поэтому мы ее также преобразуем в линейную регрессию по оцениваемым параметрам:

$$N = b_0 + b_1 \frac{P}{g_{cp}} + b_2 \frac{PH}{g_{cp}} + b_3 \frac{PH^2}{g_{cp}} + b_4 \frac{PH^3}{g_{cp}} \quad (11)$$

Коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 определялись по данным таксации на анализируемых временных пробных площадях. Основываясь на данном подходе,

но применяя более общие параметры, нами также была проанализирована нелинейная регрессия вида 10, где коэффициенты a_0, a_1, a_2, a_3 , определялись по данным стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0 древостоев БССР [3].

Третий подход заключался в подборе регрессии линейного типа зависимости густоты от различных таксационных показателей.

В первую очередь мы определили какие параметры (таксационные показатели) будут применяться в регрессии. Для этого мы построили корреляционную матрицу (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции густоты и таксационных показателей древостоя

	Таксационные показатели *							
	В	Тл	А	Н	Д	Р	Г	М
N	0,109	0,062	-0,492	-0,587	-0,624	0,400	-0,064	-0,292

Примечание * Таксационные показатели древостоя: В – бонитет, Тл – тип леса, А – средний возраст, Н – средняя высота, Д – средний диаметр, Р – относительная полнота, Г – сумма площадей сечений, М – наличный запас на корню, N – густота.

Как видно практически все таксационные показатели, кроме таких как: тип леса и сумма площадей сечений в той или иной степени влияют на густоту. Корреляция составляет от $-0,624$ до $+0,40$.

После анализа связей между таксационными показателями и густотой далее в работе рассматриваем регрессию следующего вида:

$$N = b_0 + b_1 Vi + b_2 A + b_3 P + b_4 P^2 + b_5 PD + b_6 \frac{M}{DH^2} \quad (12)$$

где Vi – индекс класса бонитета (табл. 2);

A – средний возраст древостоя, лет;

P – относительная полнота;

H – средняя высота древостоя;

D – средний диаметр древостоя;

M – запас выдела, (m^3 на 1 га);

$b_0 \dots b_6$ – коэффициенты регрессии.

Таблица 2 – Индексы классов бонитета

Класс бонитета	1б	1а	1	2	3	4	5	5а
Индекс	0	1	2	3	4	5	6	7

Таким образом, для определения густоты по данным материалов лесоустройства анализировались 3 подхода и 7 способов.

Первый подход – основанный на формулу 1, включает в себя следующие способы:

1. По формуле В.П. Машковского (объем ствола среднего дерева древостоя определялся по формуле 4);

2. По объемным таблицам (объем ствола среднего дерева древостоя определялся по объемным таблицам);

3. По регрессии 7;

4. По регрессии 8;

Второй подход – основанный на формулу 2, включает в себя следующие способы:

5. По формуле 11, где коэффициенты регрессии рассчитывались по материал пробных площадей;

6. По формуле 10, где коэффициенты регрессии рассчитывались по стандартным таблицам сумм площадей сечения

7. В третьем подходе, основанном на функциональной зависимости густоты от таксационных показателей, использовалась регрессия вида 12.

Несмотря на то, что для определения вида связи густоты древостоя от его основных таксационных показателей проводилась на основе таксации чистых и условно чистых сосняков (с примесью других пород до 2 единиц), данные характеризуются неоднородностью. Для выявления более надежной связи между густотой и основными таксационными показателями, вся совокупность данных группировалась по следующим признакам: элементы леса и класс бонитета.

Таким образом, виды связи устанавливались по следующим группам:

1. вся совокупность пробных площадей;

2. только элемент леса сосна по всем пробным площадям;

3. все пробные площади 1-5 классов бонитета;

4. 1-5 классы бонитета только элемент леса сосна по всем пробным площадям;

5. 1а-1б классы бонитета только элемент леса сосна по всем пробным площадям;

Выбор способа определения густоты древостоев осуществлялся на анализе следующих показателей :

1) Относительные показатели отклонений (максимальные и минимальные);

2) Систематическая ошибка;

3) Случайная ошибка;

4) t-критерий.

По результатам сравнения выше указанных показателей установлено, что наиболее достоверные данные в большинстве анализируемых групп дает способ деления суммы площадей сечения древостоя на площадь сечения ствола среднего дерева, где сумма площадей сечения древостоя определялась нелинейной регрессии в зависимости от высоты и относительной полноты древостоя (способ №6). Как и следовало ожидать, максимальные отклонения расчетной и фактической густоты наблюдается в выборке представленной всей совокупностью пробных площадей (систематическая ошибка составляет – 0,9%, случайная – 4,7%). Более точно данный способ определения густоты работает для элемента леса сосна для всех пробных площадей и с выделения-

ми в группы по бонитетам (максимальные отклонения не превышают 12,5% и -2%, систематическая ошибка не превышает – 0,4%, случайная – 0,75%). Так же неплохие результаты дает способ №5.

Коэффициенты регрессий для данных способов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты регрессии для определения густоты древостоя по способам №6 и №5

Способы группировки данных	Коэффициенты регрессии				
	a0	a1	a2	a3	
	способ №6				
Все	-4,9763	5,3149	-0,2954	0,0084	
	способ №5				
	b0	b1	b2	b3	b4
№1	7,9347	-7,3988	5,5591	-0,2599	0,0045
№2	10,9016	-7,4161	5,5462	-0,2606	0,0045
№3	-2,5943	-8,7160	6,0324	-0,2998	0,0055
№4	4,6839	-8,0850	5,7956	-0,2844	0,0051
№5	-19,3564	0,6929	3,7285	-0,1367	0,0020

Выводы. При расчете густоты древостоя в чистых и условно чистых сосняках целесообразнее применять способы №6 или №5.

Список использованных источников

1. Азарчик, Р.В. Продуктивность и товарность сосновых древостоев разной густоты в условиях Беларуси : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Р.В. Азарчик // Автореф. дис. кандидата с.-х. наук. Минск: Бел. техн. ин-т, 2012. 21 с.
2. «Разработать биогеофизическую теорию конкуренции растений в древостое за ресурсы среды» БГТУ ; рук. темы В.П. Машковский. Минск, 2005. 84 с.
3. Багинский, В.Ф. Нормативные материалы для таксации лесов Белорусской ССР/ В. Ф. Багинский. М., 1984. 308 с.
4. Атрощенко О.А. Лесная таксация: учебник для студентов специальностей «Лесное хозяйство» и «Лесоинженерное дело» / О.А. Атрощенко. Минск: БГТУ, 2009. 468 с.